
浅析 JY-BQFK 型风冷控制系统 及其存在的典型问题

王化勇、李荣贵、朱小超

(红河供电局, 云南 红河 661100)

摘要: 大型变压器大多采用强迫油循环导向风冷 (ODAF) 的冷却方式, 为了增强冷却系统的可靠性进而提高变压器的安全运行性能, 往往采用多组冷却器分组控制和自动控制的设计方案。由于分组方案应用广泛和 PLC 控制器的引入, 且经过多年使用, 冷却器控制系统逐渐趋于完善, 但也存在一些问题被忽视。论文首先讲述了某变电站主变 PLC 风冷控制系统的各组成模块及其基本工作原理, 接着对主变投运时冷却器全停跳闸原因进行分析, 找出主变风冷控制系统回路上存在的典型问题, 并提出改进意见。

关键词: 主变、冷却器、PLC、跳闸回路

Brief analysis of JY-BQFK air cooling control system And its typical problems

王化勇、李荣贵、朱小超

(红河供电局, 云南 红河 661100)

Abstract: Most large transformers adopt forced oil circulation directed air cooling (ODAF) cooling mode. In order to enhance the reliability of cooling system and improve the safe operation performance of transformers, the design scheme of grouping and automatic control of multi-group coolers is often adopted. Due to the wide application of grouping scheme and the introduction of PLC controller, and after years of use, the cooler control system gradually tends to be perfect, but there are also some problems ignored. This paper first describes the main transformer PLC air cooling control system of a substation and its basic working principle of each component module, and then the main transformer put into operation when the cooler stop tripping reasons are analyzed, find out Typical problems existing in the loop of main transformer air cooling control system are presented.

Key words: main transformer, cooler, PLC, trip circuit

0 引言：

某变电站采用日本东芝公司生产的主变压器，变压器采用西安金源电力有限公司生产的 JY-BQFK 型强迫油循环风冷控制柜。该型号变压器冷却器有手动控制和自动控制两种工作方式。在自动控制方式下，冷却器的启动受主变三侧断路器辅助常闭接点控制；冷却器全停告警信号回路、冷却器全停跳闸均经主变冷却器控制柜直流重动后转发监控系统及主变保护屏。因此，对某变电站#1、#2 主变冷却器控制回路进行分析，有利于提高运行人员对主变风冷控制回路及冷却系统认识水平，提高运行人员操作冷却器的熟练程度和处理事故的速度。根据冷却器控制回路和跳闸回路中存在的问题，提出改进意见，确保主变压器安全并可靠运行和对重要负荷的持续供电。

1 主变风冷控制系统基本工作原理

1.1 风冷控制系统组成及工作模式

整套风冷控制系统由 PLC 控制器、备用电源自投控制回路、冷却器组（风机和潜油泵）控制回路和冷却器全停跳闸保护回路四部分组成。风冷系统工作模式分为“手动控制”模式和“自动控制”模式两种。两种模式切换可由转换开关实现。“手动控制”模式较为简单，只能通过小开关来人工控制交流电源的选择和冷却器的投退。“自动控制”模式比较复杂，风冷系统的启停、两路交流电源和 8 组冷却器的定期轮换、辅助冷却器和备用冷却器的启停均受 PLC 内部程序控制。PLC 控制器还可以监视冷却器及 PLC 本身的运行状况，并向后台发送信号。注意：风冷系统控制回路中 Y100/P1, Y300/P3 等接点都是 PLC 内部程序控制。

图 1 是在“自动控制”模式下冷却器的启停回路。在自动控制方式下，冷却器的启动受主变三侧断路器辅助常闭接点 DLH、DLM 和 DLL 控制。P1 为 PLC 的输入模块 1，引脚 6 为低电平有效。当主变任意一侧断路器合上，主变投入运行，断路器辅助常闭接点断开，PLC 输入模块检测到断路器合位信号后启动其内部程序，从而启动风冷系统。当三侧断路器都断开时，主变停止运行，三侧断路器辅助常闭接点 DLH、DLM 和 DLL 都闭合，PLC 输入模块检测到三侧断路器分闸位置信号后内部程序停止运行，风冷系统停止运行。

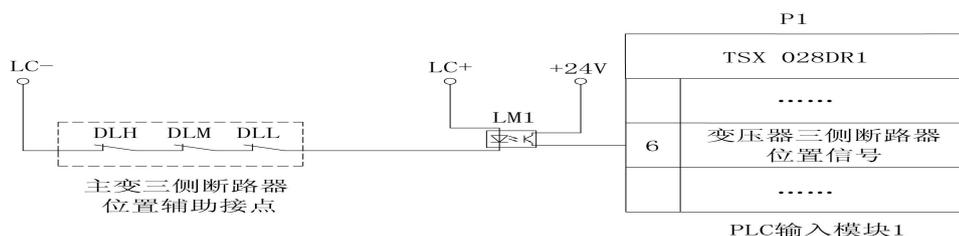


图 1 冷却器启停回路

1.2 备用电源自投控制回路

主变风冷控制系统交流备用电源自投控制回路有“手动控制”和“自动控制”两种工作模式。两种工作模式的切换可以通过转换开关 KK 来完成。交流备用电源自投控制回路图如图 2 所示。

1.2.1 交流电源手动控制模式

在“手动控制”工作模式下，可以通过切换 KK 开关来选择工作冷却器工作电源。合上空气开关 Q1、Q2，将转换开关 KK 切至“Ⅰ段电源手动控制”位置（③④接点接通）时，Ⅰ段电源手动控制回路接通，接触器 1C 励磁，Ⅰ段三相交流电源回路中主触头 1C 闭合，Ⅱ段电源控制回路中的常闭接点 1C 打开，且 KK 开关在此回路中的接点（⑨⑩）断开，回路不通，接触器 2C 失磁，Ⅱ段交流电源回路中主触头 2C 打开，主变 8 组冷却器将由Ⅰ段电源供电。Ⅱ段电源手动控制原理与Ⅰ段电源手动控制相同。

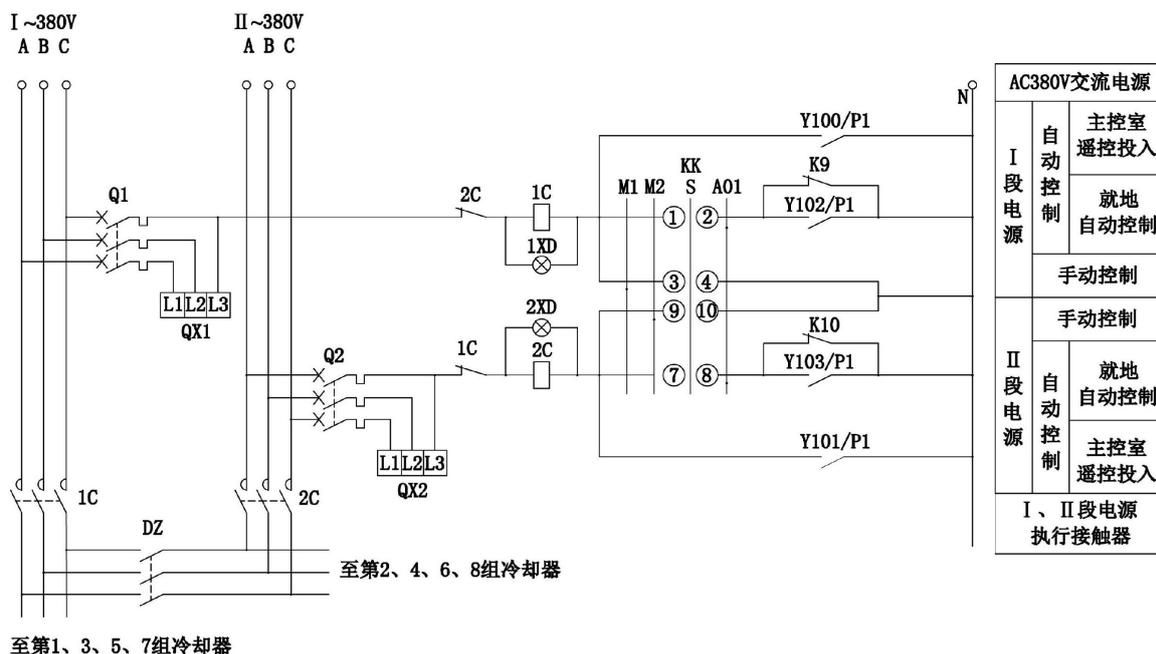


图 2 交流备用电源自投控制回路图

在手动控制模式下，如果正在使用的电源消失，由于 KK 开关不能自动切换到另外的电源控制回路，所以第二路交流电源不能投入使用。这将造成主变冷却器全停故障。

1.2.2 交流电源自动控制模式

在“自动控制”模式下，正常运行可以任意选择一路主用电源，当发生该路电源消失时，电源切换回路将自动切换到另一路备用电源，保证冷却器工作电源的不间断供应。

PLC 模块上电正常，合上空气开关 Q1、Q2，将转换开关 KK 切至“ I、II 段电源自动控制”位置，①②、⑦⑧两对接点分别接通。由于 PLC 运行正常，图 3 PLC 运行监视回路中的 Y300/P3 接点闭合，K9、K10 继电器励磁，K10 继电器并联电容 C 充电。此时，图 1 I、II 段电源控制回路中的常闭接点 K9、K10 打开，常开节点 Y102/P1、Y103/P1 受 PLC 内部程序控制，有且只有一个接点闭合，即只有一路交流电源投入使用。自动控制模式下，PLC 将根据用户的设定，通过定期控制 Y102/P1、Y103/P1 两个接点轮流导通，来实现 I、II 路电源定期轮换。

在自动控制模式下，可能有两种异常出现：正在使用的交流电源消失，PLC 故障。接下来将对这两种情况下，备用电源自投控制回路的动作过程进行分析。

假设使用中 I 段电源突然消失，II 段电源完好。图 1 I 段电源控制回路中的接触器 1C 失磁，（I 段交流电源中的主触头 1C 打开），II 段电源控制回路中常闭接点 1C 闭合，PLC 输入模块 P2 第 28 个引脚处的常开接点 1C 打开，PLC 接收到“ I 段电源不工作”的信号，则打开 Y102/P1 接点，闭合 Y103/P1 接点。于是，II 段电源控制回路接通，接触器 2C 励磁，（I 段电源控制回路中的常闭接点 1C 打开），II 段交流电源中的主触头 2C 闭合，8 组冷却器将由 II 段交流电源恢复供电。

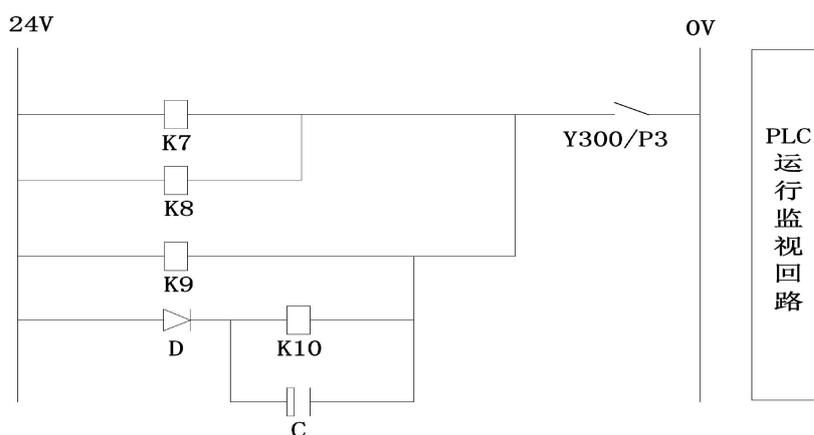


图 3 PLC 运行监视回路图

如果 I、II 路电源完好，PLC 故障。此时图 1 中 I、II 段电源控制回路中的 Y102/P1、Y103/P1 都将打开。图 3 PLC 运行监视回路中的 Y300/P3 常开接点打开，继电器 K9 瞬时失磁。并联电容 C 将对继电器 K10 放电，K10 延时失磁。于是，图 3 I

段电源控制回路中的 K9 接点将先（瞬时）闭合，图 2 II 段电源控制回路中的 K10 接点后（延时）闭合，因此 I 路交流电源优先投入工作。并联电容 C 的作用就是，让 K9 和 K10 不同时闭合，避免了抢电源的情况。

1.3 冷却器控制回路

主变冷却器组由 8 组冷却器构成，每组冷却器有 3 台风机和 1 台潜油泵。每组冷却器有独立的控制回路，从而实现了分组控制方式。每组冷却器有“手动控制”和“自动控制”两种工作方式，由 1KK~8KK 选择。

1.3.1 冷却器手动控制模式

以第一组冷却器为例。当图 4 中转换开关 1KK 切至“手动控制”位置（①②接点接通）时，01 组冷却器控制回路接通，交流接触器 KM1 励磁，常开节点 KM1 闭合，主触头 KM1 闭合 01 号冷却器投入运行。此时，接点 Y104/P1 和 K7 被短路，PLC 模块输出将不能作用于冷却器。其他组冷却器的手动控制模式与此相同。

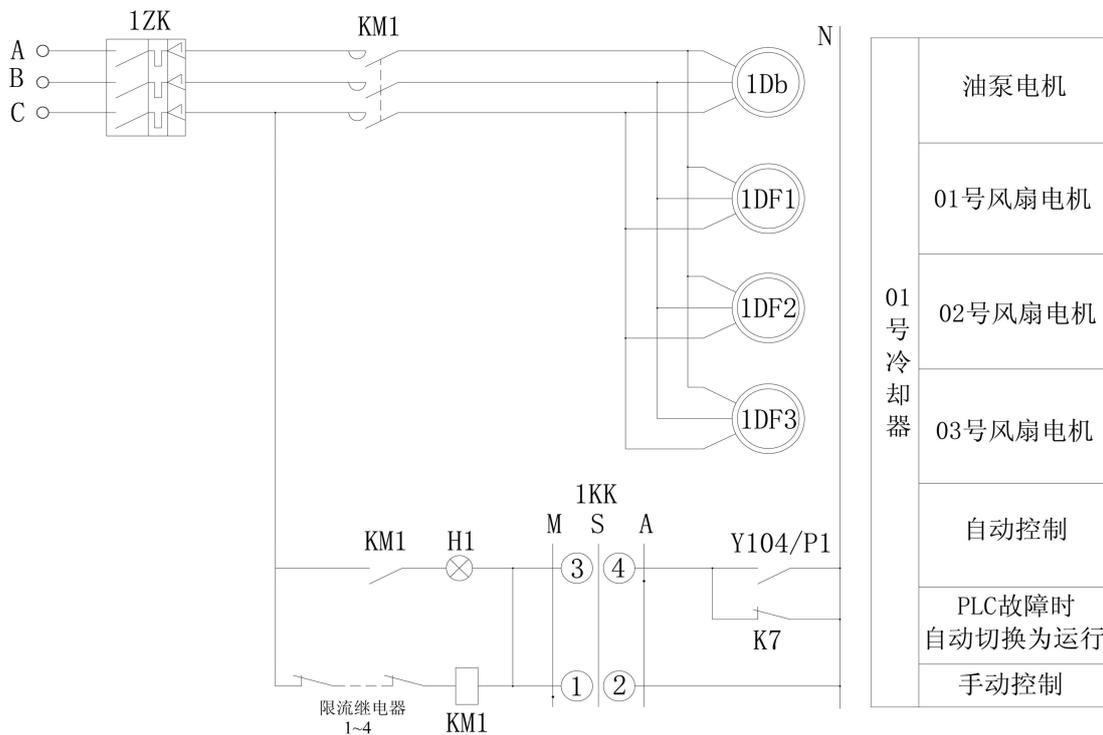


图 4 冷却器控制原理图

1.3.2 冷却器自动控制模式

以第一组冷却器为例。PLC 模块上电正常，图 4 中转换开关 1KK 切至“自动控制”

位置（③④接点接通）时，如果合上主变任意一侧开关，PLC 收到主变开关位置信号，则风冷系统投入工作，即 Y104/P1 常开节点闭合。此时交流接触器 KM1 励磁，图 4 中常开节点 KM1 闭合，主触头 KM1 闭合，冷却器投入使用。第 2 至 8 组冷却器情况相同。在此种模式下 PLC 模块可根据用户设定，通过控制 Y104/P1~Y111/P1 八个接点的通断来实现冷却器的定期轮换与辅助冷却器与备用冷却器的起停。

在冷却器自动控制模式下，可能有两种异常发生：某组冷却器故障（油流继电器，油泵和风机，限流继电器动作），PLC 故障。下文将对这两种异常情况下，冷却器的运行状况进行分析。

假设 01 号冷却器为工作冷却器，且 01 号冷却器恰好发生故障，则图 1 中接触器 KM1 失磁，常开接点 KM1 打开，PLC 输入模块 P2 第 20 引脚连接的常闭接点 KM1 闭合（此引脚有电位输入），PLC 接收到 01 号冷却器停止运行信号。此时，PLC 将根据内部程序，闭合备用冷却器控制回路中的 Y10x/P1 接点（x=2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 中任意一个数，即备用冷却器的编号），启动备用冷却器。

PLC 故障退出运行时，8 组冷却器控制回路中接点 Y104/P1~Y111/P1 全打开。图 2 PLC 运行监视回路中的常开接点 P300/P3 接点打开，继电器 K7、K8 失磁，8 组冷却器控制回路中的常闭接点 K7、K8 将全部接通，所有冷却器将投入运行。

1.4 冷却器全停跳闸回路

《电力变压器运行规程》规定“强油循环风冷和强油循环水冷变压器，当冷却系统故障切除全部冷却器时，允许带额定负载运行 20min。如果 20min 后顶层油温尚未达到 75℃，则允许上升到 75℃，但这种状态下运行的最长时间不超过 60min。”

冷却器全停跳闸回路如图 5 所示。图中 1C、2C 常闭接点由图 1 交流备用电源自投控制回中交流接触器 1C、2C 控制；KM1~KM8 常闭接点由 8 组冷却器控制回路中的交流接触器 KM1~KM8 控制。

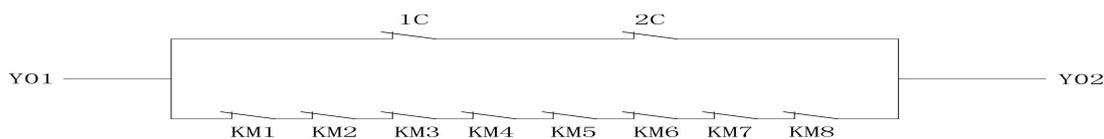


图 5 冷却器全停跳闸回路

图 5 中有两个并联支路，这说明冷却器全停跳闸有两个条件，且只要满足其一就能出口跳闸。1C、2C 支路说明 380V I、II 路交流电源全消失导致冷却器全停，图 1 中接触器 1C、2C 都失磁，则图 5 中常闭接点 1C、2C 都闭合，此支路接通（此时，KM1~KM8

也是闭合的，支路 2 也是导通的）。KM1~KM8 支路说明 8 组冷却器电源空气开关或者控制回路的问题导致 8 组冷却器全停，交流接触器 KM1~KM8 都失磁，则常闭节点 KM1~KM8 全接通，该支路导通。

只要出现上述情况之一，都会造成冷却器全停故障，图 5 跳闸回路接通，把“冷却器全停信号”开入主变非电量保护柜，经过重动后，启动主变非电量组合延时 20 分钟、60 分钟跳闸（详见图 6）。

(3) 应用 3: 整定 T1 为 3600s (即 60min), T2 为 0s, T3 为 1200s (即 20min), 可得到如下的逻辑图。

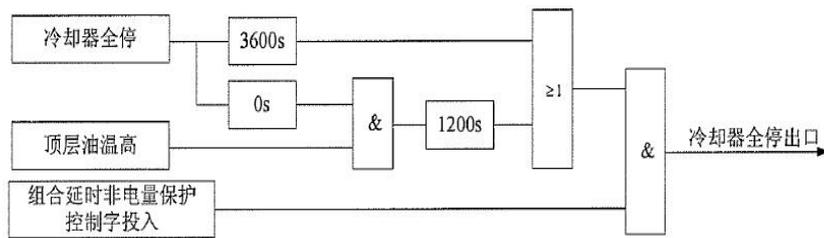


图 6 主变非电量保护组合延时逻辑图

2 冷控系统出现的问题

对某变电站主变风冷控制系统回路进行分析，似乎没有发现任何问题。主变投运时，由于操作时间过长势必达到“组合冷却器延时动作”时限动作出口，造成合闸断路器跳闸。由此分析提高我们对冷控系统的关注，并发现了冷却器控制回路和冷却器全停跳闸回路中存在极其容易被忽视的问题。

2.1 问题分析

《电力变压器运行规程》要求变压器投运（三侧断路器任意合上一侧），冷却器应能自动投入，变压器停运后，冷却器能自动停止。这就要求主变停运时，风冷系统必须运行于自动控制模式且 PLC 模块带电。

变压器停止运行时，PLC 模块带电，冷却器控制回路（图 4）中转换开关 1KK 切至“自动控制”位置（③④接点接通）时，如果主变三侧开关在分位，则 PLC 内部程序不能运行，即风冷系统不能启动，此时 8 组冷却器控制回路中 8 个常开接点 Y104/P1~Y111/P1 都不能闭合。由于 PLC 正常（未故障），所以 K7、K8 常闭接点打开。此时，交流接触器 KM1~KM8 失磁，常开接点 KM1~KM8 打开，图 5 跳闸回路中常闭接点 KM1~KM8 闭合，此时图 5 跳闸回路接通，“冷却器全停信号”开入主变非电量保护，经直流重动后启动主变非电量保护组合延时。60 分钟后，非电量保护动作出口向主变三侧

开关发跳闸命令。如果此时合上主变三侧断路器，断路器将立即跳闸。

经过上述分析，可发现问题：当主变风冷系统在“自动控制”模式，只要主变三侧断路器在分位（主变停运），图 5 跳闸回路中 KM1~KM8 全都闭合，跳闸回路接通，形成“冷却器全停”信号，非电量保护开始组合延时计时开始。

2.2 改进方案

为了解决这个问题，可以把主变三侧开关位置辅助常开接点（DLH、DLM、DLL）并联后串在在 KM1~KM8 支路中。这样就可以在主变停运时，切断冷却器全停跳闸回路。改进后的跳闸回路图如图 7 所示。下边对改进后的跳闸回路做详细分析。

PLC 模块上电，图 4 中转换开关 1KK 切至“自动控制”位置（③④接点接通）时，如果主变三侧开关在分位，图 7 中跳闸回路中 KM1~KM8 闭合。但是主变三侧开关分位，图 7 中断路器位置辅助接点 DLH、DLM、DLL 三个常开接点打开，跳闸回路被切断。

当主变高压侧开关合上，冷却器投入运行，主变投入运行，图 7 中断路器位置辅助常开接点 DLH 闭合（中压侧和低压侧断路器辅助常闭接点 DLM、DLL 断开），KM1~KM8 中有 1 个或者 2 个接点闭合（备用冷却器和辅助冷却器没有启动，接触器 KM 失磁）。当其他原因导致 8 组冷却器全停时，KM1~KM8 全部闭合，跳闸回路才会接通。合上任意一侧开关，合上任意两侧开关或者合上三侧开关三种情况都能满足要求。

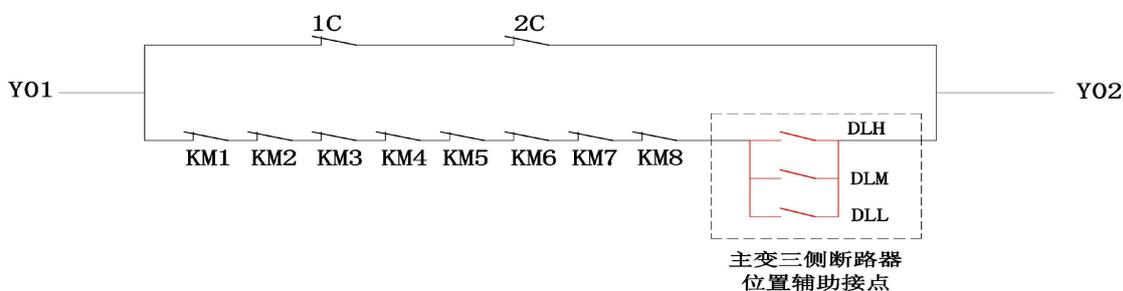


图 7 改进后的跳闸回路图

3 结束语

在电网的运行中，变压器是电力系统的重要组成部分，是变电站的心脏，它的安全稳定运行直接影响到整个变电站甚至电网的正常可靠运行。而主变风冷系统是保证变压器正常运行最重要的辅助设备。由此可见，熟悉冷却器控制系统对运行人员维护冷却器控制系统和处理故障有重要意义。

参考文献

- [1] 张全元. 变电运行现场技术问答. 北京: 中国电力出版社, 2003
- [2] 熊启新、汪旭峰、彭淑明. 变电站二次回路识图与分析. 北京: 中国电力出版社, 2010
- [3] 西安金源电力设备有限公司. JY-BQFK型变压器强油风冷控制柜操作说明书. 西安: 西安金源电力设备有限公司, 2003
- [4] 西安金源电力设备有限公司. JY-BQFK-II型变压器强油风冷控制柜原理图. 西安: 西安金源电力设备有限公司, 2010
- [5] 国家能源局. 电力变压器运行规程 (DL/T 572-2010). 北京: 中国电力出版社, 2010
- [6] CSC-336C数字式非电量保护装置说明书_V1.01 .北京四方继保自动化股份有限公司 2007年4月24日

作者简介

姓名: 王化勇; 出生年: 1981年; 性别: 男; 职称: 工程师; 当前从事的研究或工作: 变电站值班员; 电子邮箱: 1945834814@qq.com; 联系电话: 13987330509。

姓名: 李荣贵; 出生年: 1988年; 性别: 男; 职称: 工程师; 当前从事的研究或工作: 变电站值班员; 电子邮箱: 648977117@qq.com; 联系电话: 18788271159。

姓名: 朱小超; 出生年: 1996年; 性别: 男; 职称: 副值班员; 学位: 学士学位; 当前从事的研究或工作: 变电站值班员; 电子邮箱: 2537220015@qq.com; 联系电话: 15798737491。